

УДК 004.725.07

# МОДЕЛИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕТКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Д.т.н. Л.И. Нефёдов<sup>1</sup>, д.т.н. В.Е. Овчаренко<sup>2</sup>, к.т.н. А.Б. Биньковская<sup>1</sup>

1. Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

2. Государственное предприятие Научно-исследовательский технологический институт приборостроения, г. Харьков

*В статье разработаны модели параметрического синтеза компьютерной сети в условиях нечеткой информации, которые позволяют, в отличие от известных, принимать проектные решения комплексно с единых системных позиций по многим критериям.*

*У статті розроблено моделі параметричного синтезу комп'ютерної мережі в умовах нечіткої інформації, які дозволяють, на відміну від відомих, приймати проектні рішення комплексно з єдиних системних позицій за багатьма критеріями.*

*The models of computer network parametric synthesis within the conditions of fuzzy information have been developed. Unlike the well-known ones they allow us to make design decisions integrated from unified system positions according to many criteria.*

**Ключевые слова:** обобщенная модель, синтез, компьютерная сеть, линия связи, коммутирующее устройство.

## Постановка проблемы

На современном этапе развития компьютерных и информационных систем сетевые технологии – одна из наибольших отраслей компьютерной индустрии. Сеть включает в себя программные и аппаратные компоненты, необходимые для обеспечения связи между различными устройствами как внутри организации, так и с устройствами за её пределами. Аппаратные компоненты (компьютеры, сетевые адаптеры, линии связи, маршрутизаторы и коммутаторы) обеспечивают физические соединения между устройствами. Программные компоненты - протоколы связи и сетевые службы - необходимы для обмена данными между физически соединенными устройствами.

Построение компьютерных сетей (КС) является капиталоемким и расходным, поэтому снижение стоимости КС приводит к большой экономии ресурсов. Именно поэтому разработка эффективных моделей параметрического синтеза КС для новых сетевых технологий является актуальной темой исследования.

## Анализ последних исследований и нерешенных задач

Как показывает анализ работ [1,2], в настоящий момент проблема проектирования компьютерных сетей и, в частности, проблема параметрического синтеза раскрывается по разным направлениям исследований. В результате синтез крупномасштабных компьютерных сетей образовал множество направлений моделирования и создания методов решения задач, связанных с ограниченными возможностями используемой вычислительной техники, большими размерностями характеристик потоков информации, координат

оконечных пунктов сети, многоэкстремальностью решаемой задачи, эффективностью используемых методов оптимизации.

## Цель и постановка задачи

Целью исследования является повышение эффективности проектирования офисов за счет разработки обобщенной и частных моделей синтеза КС по многим критериям с использованием нечеткой информации.

Основными локальными задачами, которые необходимо решать в процессе синтеза КС, являются: определение структурных характеристик (множества функциональных элементов и их взаимосвязей); выбор топологии (размещение элементов, определение списков абонентов каждого из них, т.е. пространственная организация системы); выбор технологии функционирования (дисциплин обслуживания и алгоритмов управления); определение количественных параметров и состава элементов, подсистем, связей. В данной статье более подробно будет рассматриваться только задача параметрического синтеза.

В общем случае базовую постановку задачи параметрического синтеза можно сформулировать следующим образом.

Известно:

- множество мест размещенных коммутирующих устройств (КУ);

- списки абонентов, присоединяемых к каждому КУ и топологии соединений абонентов и КУ, КУ и сервера;

- множество типов и видов линий связи (ЛС) и КУ.

Необходимо определить: решения по синтезу линий связи и коммутирующих устройств (определение параметров ЛС и КУ).

## Модели параметрического синтеза

Суть задач параметрического синтеза состоит в выборе функциональных характеристик элементов (серверов и коммутирующих устройств), подсистем и связей. Необходимо выбрать множество типовых образцов элементов и связей, на базе которых и реализуется конкретный вариант КС. Задача решается для конкретных структурных, топологических и технологических характеристик системы. Результаты решения составляют основу для синтеза элементов, подсистем и связей или выбора их типов из заданного множества образцов. В общем случае типы (параметры), которые и выступают в качестве оптимизируемых переменных, являются взаимозависимыми, что при необходимости получения эффективных решений требует их определения в рамках единой задачи [1]. Такой подход

характерен для синтеза систем с одновременным проектированием элементной базы. Для системотехнического проектирования более характерен подход, базирующийся на использовании существующей элементной базы.

При построении моделей КС моделируемый объект представляется как совокупность обслуживающих устройств и входного потока, создающего нагрузку на КС. В зависимости от целей исследования конкретных КС [3], многомашинных вычислительных комплексов и наличия соответствующих исходных данных рассматриваются разные режимы и различные уровни детализации внутреннего функционирования абонентов КС.

Работа КС может быть описана совокупностью взаимосвязанных моделей, отражающих различные аспекты системы. При проектировании сложных КС обычно используется метод интерактивного проектирования, который объединяет преимущества эвристического и математического моделирования. Такой подход позволяет получать данные о характеристиках проектируемой системы при разных эвристических решениях. Начальным этапом созданная модели КС является описание концептуальной модели системы. В концептуальной модели должны быть описаны причинно-следственные связи, присущие исследуемому объекту, и которые существенны в рамках определенного исследования для получения требуемых результатов. Концептуальная модель системы описывает только те явления, происходящие в системе, которые существенны и должны учитываться для проведения планируемых исследований с математической моделью.

Для разработки модели синтеза линий связи и коммутирующих устройств введем следующие обозначения:

Задано [4, 5]:

- множество индексов размещения КУ  $\overline{G}^{KY} = \{g; g = 0, g' \forall \bar{v}_g = 1\}$ ;
- подмножества абонентов, которые присоединяются к каждому КУ  $G_g^{AB} = \{q; q = 1, g'; g = 0, g'; q \neq g \forall \bar{x}_{gq}^k = 1\}$ ;
- пути соединения точек  $g$  и  $q$   $\bar{I}^{gq} = \{k; k = 1, k^{gq}; g \in \overline{G}^{KY}; q = 0; q \in G_g^{AB}; q \neq g \forall \bar{x}_{gq}^k = 1\}$ .

Каждая КС характеризуется рядом показателей:

- приведенные затраты  $F$ ;
- пропускная способность линий связи между КУ и абонентами, КУ и серверами -  $P$ ;
- интенсивность отказов КУ и линий связи  $N$ ;

Математическая модель синтеза линий связи и КУ для КС имеет следующий вид. В качестве частных критериев могут быть использованы [1]:

- минимальные приведенные затраты

$$F = \min \left( \sum_{g \in \overline{G}^{KY}} \sum_{\alpha=1}^{\alpha'} \sum_{v=1}^{v^a} C_{g\alpha v} Y_{g\alpha v} + \sum_{g \in \overline{G}^{KY}} \sum_{q \in G_g^{AB}} \sum_{\beta=1}^{\beta'} \sum_{k \in I^{gq}} C_{gq\beta\gamma k} x_{gq\beta\gamma}^k \right), (1)$$

где  $C_{g\alpha v}$  - стоимость КУ  $\alpha$ -типа,  $v$ -вида установленного в пункте  $g$ ;

$Y_{g\alpha v} = 1$ , если в пункте  $g$  установлено КУ  $\alpha$ -типа

$v$ -вида,  $Y_{g\alpha v} = 0$  в противном случае;

$C_{gq\beta\gamma k}$  - стоимость линии связи  $\beta$ -типа,  $\gamma$ -вида между абонентом в  $q$ -м пункте и КУ, расположенным в  $g$ -м пункте и соединенным  $k$ -м путем;

$x_{gq\beta\gamma}^k = 1$ , если рассматриваем соединение пунктов  $q$  и  $g$   $k$ -м путем линией связи  $\beta$ -типа,  $\gamma$ -вида,  $x_{gq\beta\gamma}^k = 0$  в противном случае;

- максимальная пропускная способность

$$P = \max \left( \sum_{g \in \overline{G}^{KY}} \sum_{\alpha=1}^{\alpha'} \sum_{v=1}^{v^a} P_{g\alpha v} Y_{g\alpha v} + \sum_{g \in \overline{G}^{KY}} \sum_{q \in G_g^{AB}} \sum_{\beta=1}^{\beta'} \sum_{\gamma=1}^{\gamma^\beta} \sum_{k \in I^{gq}} P_{gq\beta\gamma k} x_{gq\beta\gamma}^k \right), (2)$$

где  $P_{g\alpha v}$  - пропускная способность КУ  $\alpha$ -типа  $v$ -вида установленного в пункте  $g$ ;

$P_{gq\beta\gamma k}$  - пропускная способность линии связи  $\beta$ -типа,  $\gamma$ -вида между абонентом в  $q$ -м пункте и КУ, расположенным в  $g$ -м пункте и соединенным  $k$ -м путем.

- минимальная интенсивность отказов КУ и линий связи

$$N = \min \left( \sum_{g \in \overline{G}^{KY}} \sum_{\alpha=1}^{\alpha'} \sum_{v=1}^{v^a} N_{g\alpha v} Y_{g\alpha v} + \sum_{g \in \overline{G}^{KY}} \sum_{q \in G_g^{AB}} \sum_{\beta=1}^{\beta'} \sum_{\gamma=1}^{\gamma^\beta} \sum_{k \in I^{gq}} N_{gq\beta\gamma k} x_{gq\beta\gamma}^k \right), (3)$$

где  $N_{g\alpha v}$  - интенсивность отказов КУ  $\alpha$ -типа  $v$ -вида установленного в пункте  $g$ ;

$N_{gq\beta\gamma k}$  - интенсивность отказов линии связи  $\beta$ -типа,  $\gamma$ -вида между абонентом в  $q$ -м пункте и КУ, расположенным в  $g$ -м пункте и соединенным  $k$ -м путем.

Основные ограничения:

1. Приведенные затраты на синтез компьютерной сети не должны превышать заданного значения  $C_{зад}$

$$\sum_{g \in \overline{G}^{KY}} \sum_{\alpha=1}^{\alpha'} \sum_{v=1}^{v^a} C_{g\alpha v} Y_{g\alpha v} + \sum_{g \in \overline{G}^{KY}} \sum_{q \in G_g^{AB}} \sum_{\beta=1}^{\beta'} \sum_{\gamma=1}^{\gamma^\beta} \sum_{k \in I^{gq}} C_{gq\beta\gamma k} x_{gq\beta\gamma}^k \leq C_{зад} \quad (4)$$

2. Пропускная способность каждого КУ должна быть достаточной для обслуживания требований закрепленных за ним абонентов.

$$\sum_{\alpha=1}^{\alpha'} \sum_{v=1}^{v^a} P_{g\alpha v} Y_{g\alpha v} \geq \sum_{q \in G_g^{AB}} p_q, \forall g \in \overline{G}^{KY}, \quad (5)$$

где  $p_q$  - пропускная способность, необходимая для обслуживания требований  $q$ -го абонента подсоединяемого к  $g$ -му КУ.

3. Пропускная способность линий связи каждого КУ с сервером должна быть достаточной для обслуживания требований, закрепленных за КУ абонентов.

$$\sum_{q \in G_g^{AB}} \sum_{\beta=1}^{\beta'} \sum_{\gamma=1}^{\gamma^\beta} \sum_{k \in I^{gq}} P_{gq\beta\gamma k} x_{gq\beta\gamma}^k \geq \sum_{q \in G_g^{AB}} p_q; \forall g \in \overline{G}^{KY}. \quad (6)$$

4. Пропускная способность линии связи каждого абонента с КУ должна быть не менее заданной  $p_q$ .

$$\sum_{\beta=1}^{\beta'} \sum_{\gamma=1}^{\gamma^\beta} \sum_{k \in I^{gq}} P_{gq\beta\gamma k} x_{gq\beta\gamma}^k \geq p_q; g \in \overline{G}^{KY}; q \in G_g^{AB}. \quad (7)$$

5. Для каждого места размещения КУ может быть выбран только один его тип и вид.

$$\sum_{a=1}^{v^a} y_{gav} = 1, \forall g \in \overline{G}^{KY} \quad (8)$$

6. Каждая линия связи должна быть обеспечена только одним типом и видом кабеля.

$$\sum_{\beta=1}^{\beta'} \sum_{\gamma=1}^{\gamma'} \sum_{k \in I^{gq}} x_{gq\beta\gamma}^k = 1; g \in \overline{G}^{KY}; q \in G_g^{AB} \quad (9)$$

Приведенная обобщенная параметрическая модель синтеза КС (1)-(9) относится к задачам дискретного программирования с булевыми переменными.

Ввиду большой сложности и размерности обобщенную модель параметрического синтеза декомпозировали на две более простые модели: модель синтеза линий связи и модель синтеза коммутирующих устройств (элементной базы), поскольку после определения параметров линий связи возможно определить параметры КУ.

Для модели синтеза линий связи могут быть использованы следующие частные критерии

- минимальные приведенные затраты

$$\min \left( \sum_{g \in \overline{G}^{KY}} \sum_{\substack{q \in G_g^{AB} \\ q \neq g}} \sum_{\beta=1}^{\beta'} \sum_{\gamma=1}^{\gamma'} \sum_{k \in I^{gq}} C_{gq\beta\gamma} x_{gq\beta\gamma}^k \right); \quad (10)$$

- максимальная пропускная способность линии связи

$$\max \left( \sum_{g \in \overline{G}^{KY}} \sum_{\substack{q \in G_g^{AB} \\ q \neq g}} \sum_{\beta=1}^{\beta'} \sum_{\gamma=1}^{\gamma'} \sum_{k \in I^{gq}} P_{gq\beta\gamma} x_{gq\beta\gamma}^k \right); \quad (11)$$

- минимальная интенсивность отказов линий связи

$$\min \left( \sum_{g \in \overline{G}^{KY}} \sum_{\substack{q \in G_g^{AB} \\ q \neq g}} \sum_{\beta=1}^{\beta'} \sum_{\gamma=1}^{\gamma'} \sum_{k \in I^{gq}} N_{gq\beta\gamma} x_{gq\beta\gamma}^k \right); \quad (12)$$

В качестве ограничений могут быть использованы следующие:

- затраты на покупку линий связи не должны превышать заданного значения  $C_{zad}^L$

$$\sum_{g \in \overline{G}^{KY}} \sum_{\substack{q \in G_g^{AB} \\ q \neq g}} \sum_{\beta=1}^{\beta'} \sum_{\gamma=1}^{\gamma'} \sum_{k \in I^{gq}} C_{gq\beta\gamma} x_{gq\beta\gamma}^k \leq C_{zad}^L \quad (13)$$

Кроме того, для данной частной модели используются следующие ограничения обобщенной модели: (6), (7), (9)

Результаты синтеза линий связи являются исходными данными для задачи синтеза коммутационных устройств.

Для модели синтеза КУ могут быть использованы следующие частные критерии:

- минимальные приведенные затраты

$$\min \left( \sum_{g \in \overline{G}^{KY}} \sum_{\alpha=1}^{\alpha'} \sum_{v=1}^{v^a} C_{g\alpha v} y_{g\alpha v} \right); \quad (14)$$

- максимальная пропускная способность КУ

$$\max \left( \sum_{g \in \overline{G}^{KY}} \sum_{\alpha=1}^{\alpha'} \sum_{v=1}^{v^a} P_{g\alpha v} y_{g\alpha v} \right); \quad (15)$$

- минимальная интенсивность отказов КУ

$$\min \left( \sum_{g \in \overline{G}^{KY}} \sum_{\alpha=1}^{\alpha'} \sum_{v=1}^{v^a} N_{g\alpha v} y_{g\alpha v} \right); \quad (16)$$

Ограничения при синтезе КУ следующие:

- затраты на покупку новых КУ не должны превышать заданных  $C_{zad}^{KY}$

$$\sum_{g \in \overline{G}^{KY}} \sum_{\alpha=1}^{\alpha'} \sum_{v=1}^{v^a} C_{g\alpha v} y_{g\alpha v} \leq C_{zad}^{KY} \quad (17)$$

Аналогично для частной модели синтеза КУ можно использовать следующие ограничения из обобщенной модели: (5), (8).

В таблице 1 приведены технико-экономические показатели для двух вариантов синтеза компьютерной сети в условиях нечеткой информации.

Таблица 1

Технико-экономические показатели для двух вариантов синтеза компьютерной сети в условиях нечеткой информации

варианты	Показатели КУ	С одним логическим сегментом		С двумя логическими сегментами		Приведенные затраты по синтезу (грн.)		Стоимость синтеза на одного абонента		Соответствуют/не соответствуют новым требованиям оценки по прецедентам		Соответствие по требованиям к пропускным способностям линий связи		Соответствие по критической длине линий связи	
		С одним логическим сегментом	С двумя логическими сегментами	С одним логическим сегментом	С двумя логическими сегментами	С одним логическим сегментом	С двумя логическими сегментами	С одним логическим сегментом	С двумя логическими сегментами	С одним логическим сегментом	С двумя логическими сегментами	С одним логическим сегментом	С двумя логическими сегментами	С одним логическим сегментом	С двумя логическими сегментами
Детерминированная модель	Количество портов	24	24,8												
	Пропускная способность	1000 Мб/с	1000, 1000 Мб/с												
	Интенсивность отказов	0,97·10 <sup>-6</sup>	0,9998·10 <sup>-6</sup>	1739,75	1878,54	82,8	89,46	+	+	+	+				
	Возможность дальнейшего развития (количество свободных портов)	2	10												
Нечеткая модель	Количество портов	24	24,8												
	Пропускная способность	1000 Мб/с	1000, 1000 Мб/с												
	Интенсивность отказов	0,97·10 <sup>-6</sup>	0,9998·10 <sup>-6</sup>	1739,75	1878,54	82,8	89,46	+	+	+	+				
	Возможность дальнейшего развития (количество свободных портов)	2	10												

На следующем этапе сравним полученное с помощью разработанных моделей решение по синтезу КС для организации с одним логическим сегментом и выбранным прецедентом (табл. 2).

Представленные результаты показывают, что разработанная технология автоматизированного синтеза с использованием приведенных моделей позволила улучшить показатели для синтезируемой КС по стоимости на одного абонента, пропускной способности и интенсивности отказов ЛС и КУ путем применения базы прецедентов и интервальных оценок.

Таблица 2  
Сравнительная оценка для синтезированной сети и прецедента по показателям

Показатели и характеристики	Синтезированная сеть с одним логическим сегментом	Выбранный прецедент	Улучшение показателей и характеристик
Стоимость на одного абонента, грн	82,8	90	7,2
Пропускная способность КУ, Мб/с	1000	100	900
Интенсивность отказов	$0,97 \cdot 10^{-6}$	$0,9998 \cdot 10^{-6}$	$0,0298 \cdot 10^{-6}$

### Выводы

Таким образом, разработаны модели параметрического синтеза типов и видов линий связи и коммутирующих устройств с использованием нечеткой информации, которые позволяют, в отличие от известных, принимать проектные решения комплексно с единых системных позиций по многим критериям.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Петров Э.Г. Территориально распределенные системы обслуживания. / Петров Э.Г., Пискалова В.П., Бескорвайный В.В. - К.: «Техніка», 1992 - 208 с
2. Петров Э.Г. Методология структурного системного анализа и проектирования крупномасштабных ИУС/ Петров Э.Г., Чайников С.И., Овезгельдыев А.О. - Харьков: «Рубикон», 1997. - 140 с.

УДК 004.942

## МОДЕЛІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ ОБЕРТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ДВИГУНА

К.т.н. А.Б. Біньковська, М.С. Кобернюк, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

У статті була досліджена можливість управління швидкістю обертання електричного двигуна постійного струму. Для цього розроблена математична модель об'єкта керування, проаналізовано вплив напруг збудження й якоря на швидкість обертання, виконано синтез законів управління і аналіз динаміки системи.

В статті була досліджена можливість управління швидкістю обертання електричного двигуна постійного струму. Для цього розроблена математична модель об'єкта керування, проаналізовано вплив напруг збудження й якоря на швидкість обертання, виконано синтез законів управління і аналіз динаміки системи.

The possibility of controlling the rotation speed of a DC motor has been studied in the paper. In order to perform this a mathematical model of the control object has been developed, the influence of the excitation voltages and the armature on the rotation velocity has been analyzed, the synthesis of control actions and the analysis of system dynamics have been performed.

**Ключові слова:** електродвигун, система керування, моделювання, швидкість, рівняння руху, перехідний процес.

3. Пранявичюс Г. Модели и методы исследования вычислительных систем. – Вильнюс: «МОКСЛАС», 1982. – 315 с.

4. Нефедов Л.И. Обобщенная модель синтеза территориально-пространственно-распределенной компьютерной сети офиса / Л.И. Нефёдов, М.В. Шевченко, Ю.А. Петренко, А.Б. Биньковская // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2010. – № 2/8 (44). – С. 28–31

5. Нефедов Л.И. Модель визначення розміщення комутуючих пристроїв та топології при синтезі комп'ютерної мережі / Нефедов Л.И., Шевченко М.В., Петренко Ю.А., Біньковська А.Б., Василенко О.В./ Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2010 - 5/2 (47) – с. 33-36.

6. Нефедов Л.И. Модель синтеза линий связи и коммутирующих устройств территориально распределенной компьютерной сети / Л.И. Нефёдов, М.В. Шевченко, Ю.А. Петренко, А.Б. Биньковская // Эколого-правовые и экономические аспекты техногенной безопасности регионов: матер. V науч.-практ. конф. при участии молодых ученых и студентов, 20-22 окт., 2010 г.: тезисы докл. – Харьков, 2010. – С. 290–292.

7. Нефедов Л.И. Модели параметрического синтеза каналов связи и коммутирующих устройств компьютерной сети / Л.И. Нефедов, М.В. Шевченко, Ю.А. Петренко, А.Б. Биньковская // Современные информационные технологии в экономике и управлении предприятиями, программами и проектами: IX Междунар. науч.-практ. конф., 12-18 сент. 2011 г.: тезисы докл. – Харьков-Алушта, 2011. – С. 50–51.

### Постановка проблеми

Сучасне промислове і сільськогосподарське виробництво характеризується великим різноманіттям технологічних процесів. Для їхнього здійснення людиною створені тисячі найрізноманітніших машин і механізмів.

Найбільше застосування має електричний привід (ЕП). Таке широке застосування ЕП пояснюється цілим рядом його переваг у порівнянні з іншими видами приводів.

Електроприводи нових серій - це приводи з високомоментними двигунами постійного струму, асинхронними двигунами, безколекторними двигунами постійного струму і силовими кроковими двигунами. Електроприводи цих серій в великому діапазоні моментів забезпечують підвищену максимальну швидкість, мають поліпшені масо-габаритні показники.

Можливості сучасного ЕП продовжують постійно розширюватися за рахунок використання досягнень у суміжних галузях науки і техніки - електромашинобудуванні і електроапаратобудуванні, електроніці і обчислювальній техніці, автоматичній і електротехніці.